E/CONF.39/A/72
4 Oct.1962
ORIGINAL : FRANCAIS

CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR L'APPLICATION DE LA SCIENCE ET DE LA TECHNIQUE
DANS L'INTÉRÊT DES RÉGIONS PEU DÉVELOPPÉES

Point de l'ordre du jour : A.3.1 Bulgarie

NOS AMENAGEMENTS HYDROTECHNIQUES EXECUTES EN BULGARIE ET A L'ETRANGER

Par Professeur Dimo VELEV,
Ingénieur,
membre-correspondant
de l'Académie des Sciences de Bulgarie,
lauréat du prix Dimitrov

Les mémoires rédigés à l'intention de la Conférence des Nations Unies sur l'application de la science et de la technique dans l'intérêt des régions peu développées sont des documents de travail. Ils sont publiés tels qu'ils ont été présentés et les assertions et opinions qu'ils contiennent sont celles de leurs auteurs.

NOTES

1. Les mémoires choisis pour être présentés en séance générale pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

2. Les mémoires choisis pour être présentés en séance spéciale pourront être obtenus à la Conférence dans l'une seulement de ces langues officielles.

3. Les résumés qui ont été rédigés pour tous les mémoires par les auteurs de ceux-ci pourront être obtenus à la Conférence dans les langues officielles suivantes des Nations Unies: anglais, espagnol, français et russe.

4. Préalablement à la Conférence, les mémoires et les résumés ne feront pas l'objet d'une distribution générale mais d'un tirage restreint destiné aux délégations des gouvernements et autres participants officiels. La publication et la distribution générale des actes de la Conférence s'effectueront conformément aux règles et pratiques agréées par le Comité des publications des Nations Unies.

N° 563 NOS AMENAGEMENTS HYDROTECHNIQUES EXECUTES

A.3.1. EN BULGARIE ET A L'ETRANGER

par le professeur Dimo VELEV, ingénieur,
membre-correspondant de l'Académie des Sciences
de Bulgarie, lauréat du prix Dimitrov

I.

La République Populaire de Bulgarie occupe la partie Sud-est de l'Europe et, d'après sa situation géographique, fait partie de la zone d'humidité instable. La quantité annuelle des pluies, en général, n'est pas négligeable; elle s'élève à 672 mm - valeur moyenne résultant d'une période de 50 ans - mais son répartition est très irrégulière, tant par saisons que par régions. Une grande partie de la pluie tombe pendant la période non-végétative ou pendant des mois, lorsque les besoins d'eau des plantes sont médiocres. A part cela, parfois des années humides se succèdent à des années sèches et, en conséquence, surviennent des sécheresses. Les températures élevées en été augmentent l'évaporation du sol et des plantes. Ces conditions climatiques causent une production des cultures agricoles faible et instable; c'est pour cela que la lutte contre la sécheresse par irrigation artificielle est un problème fondamental dans notre pays. Parallèlement à cela, les besoins d'approvisionnement d'eau potable et industrielle, de production d'énergie électrique, etc. s'accroissent aussi.

Ce sont les rivières intérieures du pays qui constituent les ressources fondamentales d'eau pour les besoins de l'économie agricole, de l'énergie, de l'industrie, du transport, etc. Cependant les rivières bulgares, par suite des conditions climatiques, topographiques, geomorphologiques, biologiques, du sol, etc. ont une longueur limitée et un régime d'écoulement très variable. Pendant le printemps et vers la fin de l'automne les rivières ont un débit torrentiel d'eau, qui déborde du lit et qui cause parfois des dégâts, tandis que pendant l'été et au commencement de l'automne, lorsque les besoins d'eau pour l'irrigation sont plus grands, l'étiage des eaux est le plus sensible et même on voit souvent des lits secs.

L'utilisation optimale de ces débits d'une variation très marquée est uniquement possible grâce à la présence de lacs artificiels - barrages, dont le but est de régulariser les débits irréguliers et de les adapter aux divers besoins. De cette manière on lutte aussi contre les innondations. Les conditions topographiques et géodésiques dans la majeure partie du pays sont heureusement fa-

vorables pour la construction d'un grand nombre de petits et de grands barrages, qui retiennent les eaux superflues et permettent leur utilisation en cas de nécessité.

II.

La grande importance de l'eau pour le développement de l'économie bulgare était connue encore depuis longtemps. Cependant les conditions sociales-économiques et politiques empêchaient systématiquement le développement naturel des travaux hydrotechniques; depuis la libération du pays du joug turc (1878) jusqu'à la fin de la seconde guerre mondiale (1944) on a construit et introduit en exploitation des centrales hydroélectriques d'une puissance totale de 49 200 kw, ainsi que des surfaces irriguées d'une manière assez primitive dans la majorité des cas, s'élevant à 38 000 ha.

Après la seconde guerre mondiale, pendant une période assez courte, la République Populaire de Bulgarie s'est transformée d'un pays arriéré au point de vue industriel et agricole, en pays possédant une industrie et agriculture développées et modernes. Parallèlement à cela, les exigences en ressources hydrauliques ont vite augmenté. Les besoins d'eau pour l'irrigation, la production d'énergie hydroélectrique, etc., ont augmenté incroyablement vite. On a apprécié avec raison la grande importance des aménagements hydrauliques pour le développement des économies nationales et on s'est mis en grande échelle aux travaux de constructions hydrotechniques. Depuis 1944 jusqu'à 1961 les superficies irriguées ont été augmentées de 38 000 ha à 710 000 ha, la puissance des centrales hydroélectriques - de 49 000 kw à 498 000 kw et leur production annuelle d'énergie électrique - de 169 millions kwh à 1,78 milliards kwh.

III.

L'exploitation complexe des ressources hydrauliques et le moyen de leur utilisation sont des indications caractéristiques pour les constructions hydrotechniques pendant la période succédant à la seconde guerre mondiale. Contrairement à ce qu'on pratiquait avant, les eaux nécessaires pour les systèmes d'irrigation, pour les centrales hydroélectriques, pour l'industrie, etc., ne sont plus seulement des eaux courantes avec un régime non permanent, mais elles proviennent principalement des barrages, qui représentent de beaux ouvrages d'art et des aménagements hydrauliques remarquables.

Depuis 1944 ont été construits et mis en exploitation 11 grands barrages et environ 2 000 autres d'hauteur moyenne et petite. Un grand nombre d'autres barrages sont actuellement en étude et en cours de construction. Nous allons envisager certains aménagements hydrotechniques qui sont déjà en exploitation.

1. L'aménagement "Iskar" engage le cours supérieur et le cours moyen de la rivière Iskar, affluent droit du Danube. Il comprend les ouvrages d'art suivants (fig. I): mur de barrage en béton d'une hauteur de 75 m et d'une longueur en crête de 204 m (fig. II); tunnel sous pression pour un débit de 33 m^3/sec., d'une longueur de 5,49 km; conduites forcées avec chambre d'équilibre; centrale hydroélectrique "Passarelle" d'une puissance de 28 000 kw (fig. III); bassin de régularisation journalière "Kokaliané"; tunnel sous pression pour un débit de 30 m^3/sec., longueur 5 km; centrale hydroélectrique "Kokaliané" avec une puissance installée de

22 000 kw; bassin de régularisation journalière et deux canaux d'irrigation - gauche et droit, pour l'irrigation d'une superficie de 48 000 ha, le canal gauche étant en même temps navigable. La construction de cet aménagement remplit simultanément plusieurs fonctions: a) elle alimente en eaux régularisées les deux centrales hydroélectriques; b) irrigue la plaine de Sofia; c) approvisionne les agglomérations environnantes en eau potable et industrielle; d) retient les eaux de crue venant du cours supérieur de l'Iskar et protège d'innondations les terrains environnants, situés le long du cours moyen et bas de la rivière.

2. La cascade hydro-énergétique de Batak, qui représente un des plus remarquables ouvrages hydrotechniques du pays (fig.IV), comprend: deux barrages fondamentaux - "V.Kolarov" et "Batak"; trois centrales hydroélectriques d'une puissance installée de 226 000 kw, la centrale "Pechtéra" ayant à elle seule 126 000 kw; dérivation principale comportant des tunnels sous pression, des siphons et des conduites forcées; deux systèmes de canaux auxiliaires d'une longueur totale de 126 km et de nombreuses prises d'eau - ordinaires et montagneuses. (fig.IV).

Le barrage "V.Kolarov" a une capacité utile de 65 millions m^3. Il occupe la partie la plus haute de la cascade. En correspondance avec les conditions spécifiques de la région, le mur est construit en maçonnerie de pierre sèche - sans mortier, avec écran en béton armé du talus amont. La fig. V montre les dimensions, la construction et particularités de l'ouvrage.

Le barrage "Batak" se trouve à l'issue de la centrale hydroélectrique "Batak". Le mur est en terre (fig. VI); il a une hauteur de 35 m. et une longueur en crête de 273 m. Le lac artificiel, d'une capacité utile de 305 millions de m3, accumule et partage les eaux de la partie amont de la cascade, de son propre bassin versant et des canaux d'accumulation "Bistritza", "Ravnogoré", "Foutinsky", "Nova Mahala" et "St Constantin".

La cascade hydro-énergétique de Batak assure aussi l'irrigation de 50 600 ha de terrains agricoles dans la vallée de Maritza, ainsi que l'approvisionnement d'eau d'un grand nombre d'agglomérations.

3. L'aménagement hydraulique "G.Dimitrov" fait partie des travaux de construction de la vallée de Toundja - la troisième rivière par sa grandeur en Bulgarie. L'ouvrage principal de cet aménagement est le barrage, dont le mur - type mixte (Fig. VII) - barre la partie moyenne du cours d'eau et forme un lac artificiel, qui régularise les eaux du cours supérieur de la rivière et de ses affluents. Au pied du barrage se trouve la centrale hydroélectrique, après laquelle l'eau se dirige en deux directions (fig. VIII): vers l'est - pour l'irrigation d'une superficie de 18 000 ha, et vers le sud, par des canaux et des tunnels d'une longueur totale de 34 km, dans la vallée de Maritza, où les eaux sont utilisées par la deuxième centrale hydroélectrique "Stara Zagora" et pour l'irrigation d'une superficie d'environ 30 000 ha.

Comme on l'a déjà indiqué, le mur du barrage de l'aménagement est du type mixte (fig.VII). La partie amont du mur est construite en béton et la partie en aval - en maçonnerie de pierre sèche - sans mortier. Pour assurer le contact entre ces deux éléments on a prévu un coin de sable. Le talus en amont du mur est recouvert d'un revêtement en béton armé et gunita. Cette construction est choisie pour les raisons suivantes: en premier lieu, le mur est fondé sur un granit dégradé, qui n'est pas capable de résister aux contraintes élevées et, en second lieu - la présence de maté-

riaux pierreux convenables pour la construction.

4. L'aménagement hydraulique "Topolnitza" est construit sur l'un des plus grands affluents gauches de la rivière Maritza (fig. X). L'aménagement comprend un barrage de capacité utile de 100 millions m^3, une centrale hydroélectrique édifiée au pied du mur, canal de dérivation, seconde centrale hydroélectrique, canal principal d'irrigation et réseau pour l'irrigation d'une superficie d'environ 36 000 ha.

Le mur du barrage est du type "Neutzly" (fig. X). Il comprend 24 blocs d'une largeur de 13 m. chacun, divisés par des joints de dilatation. Le talus du côté en amont du mur est 1:0,10 et du côté en aval - 1:0,84. L'épaisseur des contreforts est 5 m. au-dessus des fondations et 2 m. dans la partie supérieure.

5. Le barrage "Kardjali" fait partie de la cascade hydroénergétique de la rivière Arda, située dans les régions sud du pays. Le lac artificiel formé a une capacité utile de 550 millions m^3, Au pied du mur est installée une centrale hydroélectrique d'une puissance de 104 000 kw. Le canal de dérivation a un débit de 103 m^3/sec. On a construit une station de pompage pour l'approvisionnement d'eau de la ville de Kardjali.

Le mur du barrage est du type voûte gravitée (fig. XI), d'une hauteur maximale de 103 m, divisé en 23 blocs d'une largeur de 15 m chacun et d'une épaisseur de 32 m. à la base et de 6 m à la crête. L'épaisseur maximale du mur atteint 39,6 m. La longueur du mur à la crête est de 341 m, le rayon de l'arc - 180 m. et le rapport de la longueur du mur à sa hauteur - 3,31. Ce type de barrage en voûte est choisi par suite des conditions topographiques, géologiques, etc., et en vue de la réalisation d'une économie des matériaux, en premier lieu - du ciment.

Le béton pour le mur est vibré par des vibrateurs spéciaux, portés sur des petits tracteurs (fig. XII). La température du béton est tenue basse à l'aide d'installations frigorifiques spéciales. Dans le corps du mur sont bétonés des appareils de mesurage, destinés à enregistrer les variations de la température, l'humidité, les déformations, etc.

En dehors des grands barrages, pour régulariser les eaux des petits ruisseaux et les utiliser d'une manière plus convenable, on a construit également un grand nombre de barrages - environ 2000 - de petite et de moyenne hauteur. Ces barrages sont généralement en terre et servent principalement pour l'irrigation locale et pour l'approvisionnement d'eau des coopératives agricoles (fig. XIII). Ils ont une assez grande importance économique pour le pays. Leur effet économique est important pour les raisons suivantes: 1) leur construction s'effectue en un bref délai (au bout de quelques mois) avec le concours de la population intéressée, en employant des matériaux sur place; 2) les terrains à irriguer ont une petite superficie qu'on peut irriguer facilement et ce dans un délai très court.

Après les grands ouvrages - les barrages et les centrales hydroélectriques - ce sont les systèmes d'irrigation avec leurs réseaux de canaux, de routes et un grand nombre d'autres ouvrages d'art. On a déjà mis en exploitation 7 900 km de canaux principaux, 11 300 km de canaux de distribution et 9 730 km d'autres canaux d'irrigation, qui amènent l'eau dans les rigoles et les sillons d'irrigation dans la plaine-même.

Grâce à leurs connaissances et à leur riche expérience, les spécialistes bulgares dans le domaine de la construction hydrotechnique et améliorative participent avec succès, au cours des dernières années, à l'élaboration de projets et aux travaux de cons-

truction des ouvrages hydrotechniques et amélioratifs à l'étranger et en particulier en Syrie. Durant la période 1958-1961 nous avons construit et mis en exploitation les grands barrages "Rastan" et "Mekhardé" dans la vallée de l'Oronte (d'après les projets du Bureau d'étude "Frs Grüner", Suisse) et pendant 1961/1962 - le système d'irrigation "Acharné" d'une superficie de 27 000 ha. Les projets de ce système sont élaborés par l'Institut "Vodprojekt" - Sofia.

Les deux murs des barrages sont en maçonnerie sèche avec noyau d'argile. Le barrage "Rastan" a une hauteur de 67,5 m. et une longueur à la crête de 425 m., et "Mékhardé" - 54 m., respectivement 230 m. Le volume des travaux principaux pour l'ensemble des deux barrages, à part les ouvrages y adjaçants (tunnels, déversoirs, prises d'eau, etc.), revient à: déblais - 405 000 m^3; remblais en pierres - 1,48 millions m^3; noyau d'argile - 326 000 m^3; sondages pour des injections en ciment - 8 950 m. Le volume des travaux pour le système d'irrigation et les ouvrages d'art est encore plus grand: déblais - 3 millions m^3, béton hydraulique - 80 000 m^3. (fig, XIV).

On conçoit, par les exemples envisagés plus haut, la grande diversité des ouvrages hydrotechniques qu'on a construit dans le pays et à l'étranger. On a presque tous les types de murs de barrages: de gravité en béton, en voûte "Netzly", de maçonnerie sèche, d'enrochement avec écran du côté amont ou avec noyau d'argile et des barrages en terre. Le choix du type de barrage s'effectue à la suite d'études approfondies des conditions topographiques, géologiques, hydrographiques et climatiques, d'une part, et de la présence des matériaux les plus importants pour la construction et la possibilité de mécanisation des procès du travail, d'autre part.

Les travaux de construction sont, dans leur majeure partie, mécanisés. La mécanisation atteint 80% et davantage. La construction des grands barrages, des centrales hydroélectriques, des tunnels, des canaux et des autres ouvrages d'art se fait par les méthodes les plus modernes que nous offrent la science et le progrès techniques.

IV.

Les études, l'élaboration des projets et la construction des ouvrages hydrotechniques ont été toujours effectués conformément au principe de la construction et de l'utilisation complexe de ces ouvrages. Ce principe a été appliqué longtemps avant d'être discuté à la Conférence internationale de l'énergie - Vienne, 1956.

La détermination de la quantité d'eau nécessaire pour les différents besoins de l'économie nationale (irrigation, énergie, approvisionnement d'eau potable et industrielle, etc.) ne se fait pas par bon sens ou par des données de la littérature technique, mais à la base des études approfondies, dans les instituts de recherche et dans les organisations de projets, portant sur la technologie des différents procès et les besoins réels d'eau. Dans ce sens on doit signaler l'aide des instituts supérieurs d'éducation et des instituts de recherche scientifiques, adjoints à l'Académie des Sciences de Bulgarie et aux Ministères.

L'élaboration même des projets s'effectue en quatre phases différentes: exposé technico-économique, avant-projet, projet technique et projet d'exécution (détails).

Dans l'exposé technico-économique on envisage les possibilités techniques et les considérations économiques de l'aménagement. A la base de cet exposé on forme les données du projet, qui contient

toutes les indications technico-économiques.

Dans l'avant-projet on envisage et compare les variantes possibles, l'emplacement des différents matériaux de construction, la construction des ouvrages principaux - barrages, centrales hydroélectriques, stations de pompage, dérivations principales, ainsi que la fourniture d'eau et d'électricité pour le chantier. Pour l'établissement de l'avant-projet on utilise toutes les données de l'exposé technico-économique, ainsi que des données complémentaires. La détermination du prix des diverses variantes s'effectue par des indications approximatives.

Le projet technique, fait à la base de l'avant-projet, comporte des calculs et des plans plus précis des ouvrages hydrotechniques, avec des calculs hydrauliques et statiques détaillés, tout en utilisant des données complémentaires, prises pendant l'élaboration du projet.

Le projet d'exécution, qui constitue la dernière phase du projet, se fait en étapes, en accord avec les étapes de l'exécution des travaux. On utilise parfois des projets-types, ainsi que des projets des ouvrages analogues existants.

Lorsque l'ouvrage ne présente qu'une importance locale, le projet s'exécute en deux phases: avant-projet et projet technique exécutif.

V.

Les succès de la République Populaire de Bulgarie dans le domaine des constructions hydrotechniques sont dues à la présence des organisations d'études et de constructions, qui disposent d'un assez grand nombre de spécialistes et du matériel. Dans les bureaux d'études des organisations "Vodprojekt" et "Energoprojekt" travaillent plus de 1000 ingénieurs diplômés, des économistes, agronomes et techniciens spécialisés, et dans l'entreprise de construction d'Etat "Hydrostroi" - 76 ingénieurs différemment spécialisés et quelques milliers de techniciens, maîtres de chantier, des ouvriers qualifiés, etc. A part cela, dans chaque ville régionale on a formé des bureaux d'études et des organisations de constructions, dans lesquelles travaillent un grand nombre de spécialistes,

Les instituts de recherche ("Economie hydraulique et construction" et "Hydrotechnique et améliorations") et les professeurs de la faculté hydrotechnique de l'Institut supérieur des ingénieurs du génie civil à Sofia aident, avec leurs connaissances scientifiques et techniques, les bureaux d'études et les entreprises de constructions, confèrent des consultations et des expertises, en participant aussi à l'étude directe des problèmes techniques que pose la pratique dans le domaine des travaux hydrotechniques - projets, construction et exploitation.

La faculté hydrotechnique, avec ses trois divisions - constructions hydroénergétiques, constructions hydroaméliorative et approvisionnement d'eau et canalisation, procure chaque année au pays des centaines de nouveaux spécialistes dans le domaine hydrotechnique. De cette manière le pays dispose non seulement de la base matérielle-technique, nécessaire pour les études complexes et l'élaboration des projets et pour les travaux de construction de toute sorte d'ouvrages hydrotechniques, mais aussi avec un nombre suffisant de spécialistes enseignés théoriquement et bien expérimentés dans la pratique. Tout cela nous permet de croire que notre pays a des possibilités d'élargir dans l'avenir sa participation dans le développement économique des pays arriérés en Asie, en Afrique et en Amérique du Sud, en ce qui concerne les constructions hydrotechniques.

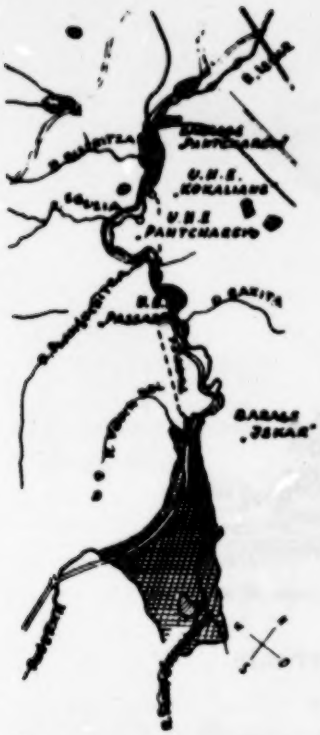

Fig.1 - Schéma d'aménagement hydraulique de "Iscar"

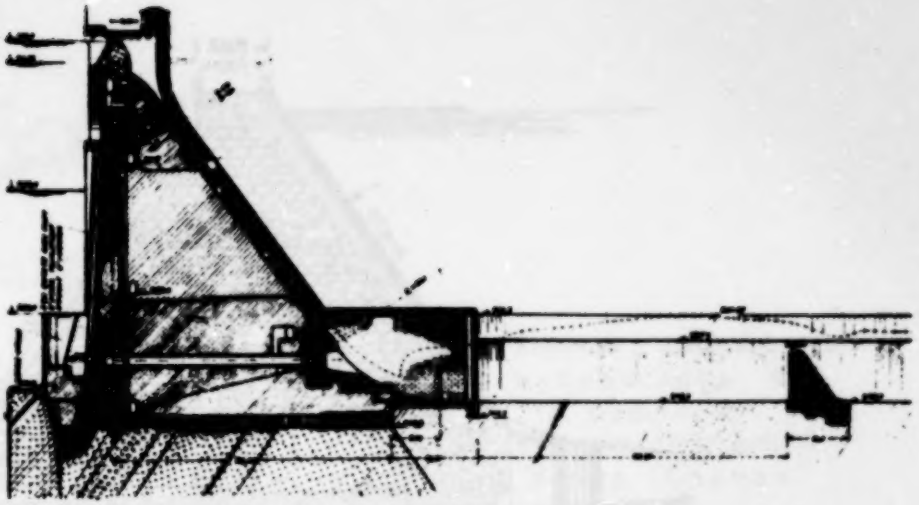

Fig. 2 - Barrage "Iscar" - coupe transversale

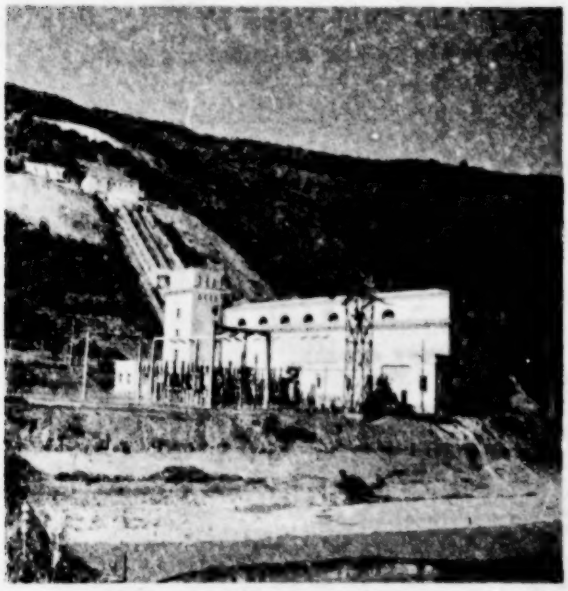

Fig.3 - Usine hydro-électrique "Passarel"

Fig. 4 - Schéma de la cascade de "Batak"

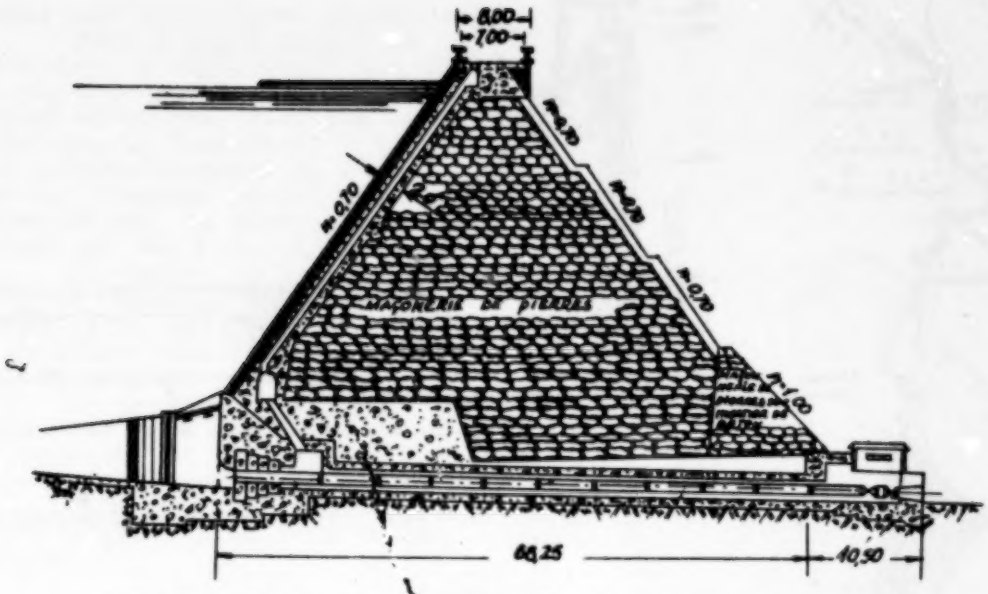

Fig. 5 - Barrage "V. Kolarov" - coupe transversale

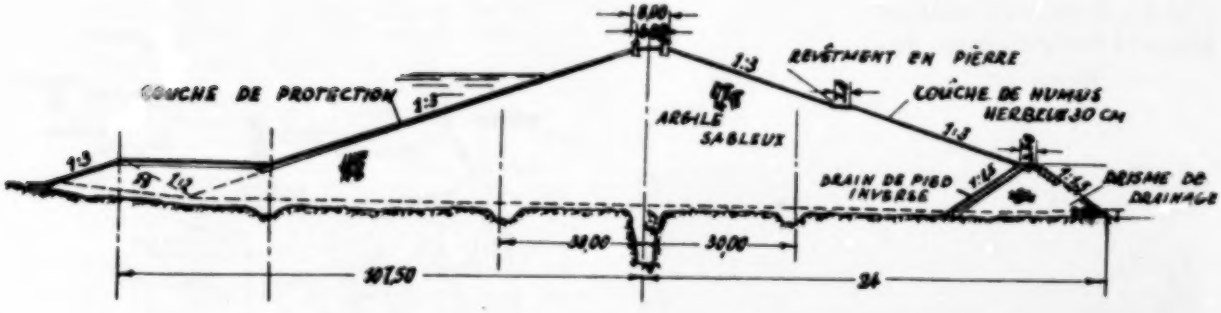

Fig. 6 - Barrage "Batak" - coupe transversale

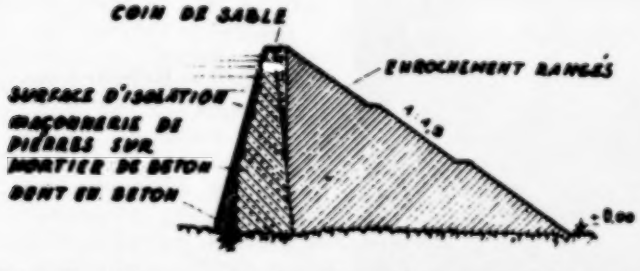

Fig. 7 - Coupe schématique à travers le mur de barrage "G. Dimitrov"

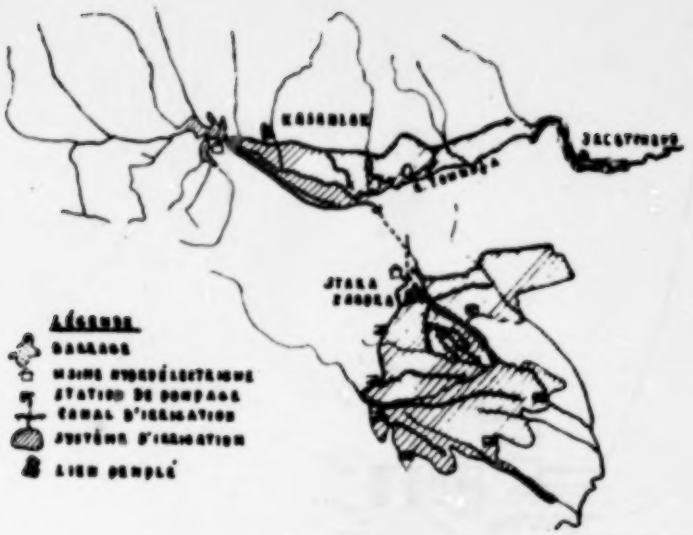

Fig. 8 - Schéma d'aménagement hydraulique de "G. Dimitrov" et du système d'irrigation "Stara Zagora"

Fig. 9 - Schéma d'aménagement hydraulique et du système d'irrigation "Topolnitza"

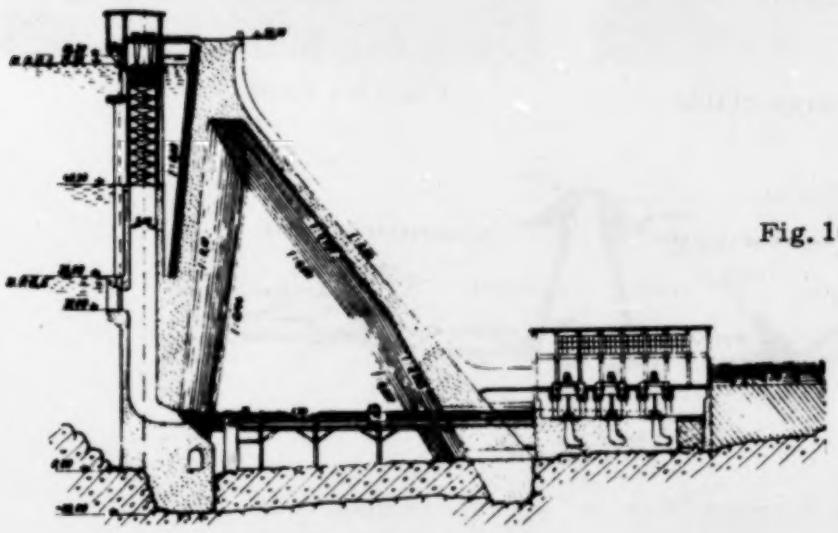

Fig. 10 - Barrage "Topolnitza" - coupe transversale

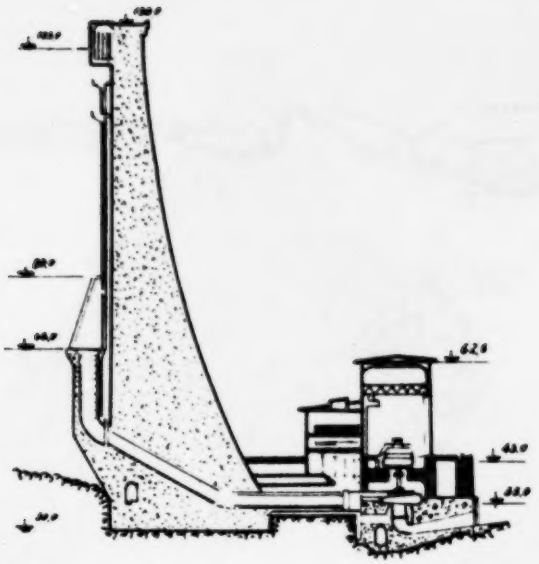

Fig. 11 - Barrage "Kardjali" - coupe transversale

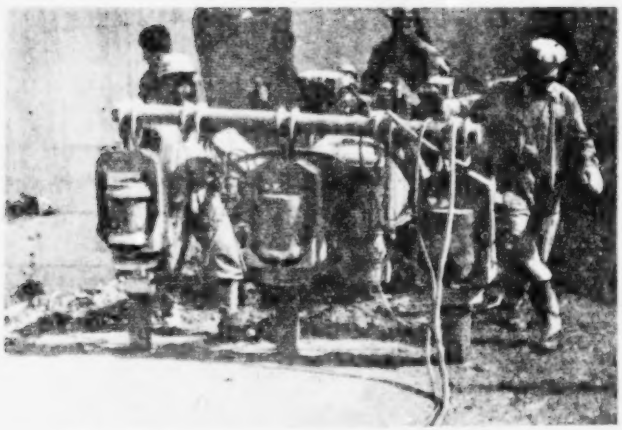

Fig. 12 - Vibrateur transportable

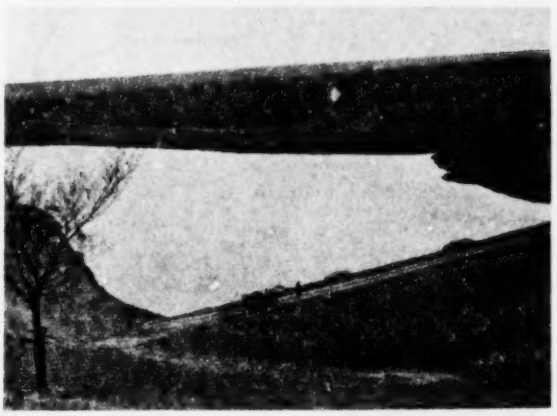

Fig. 13 - Petit barrage

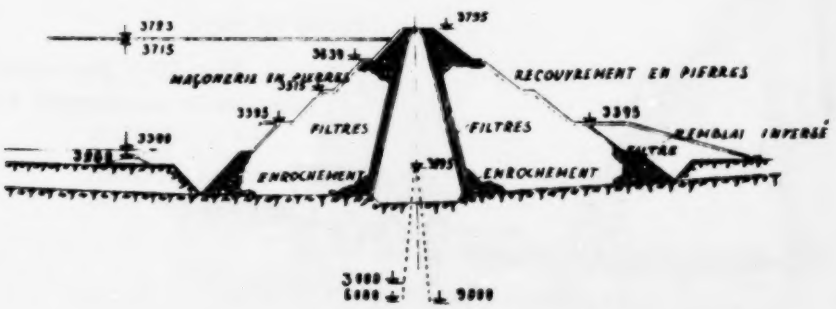

Fig. 14 - Barrage "Rastan" - coupe transversale

563 F - Oct.1962 - 1,000